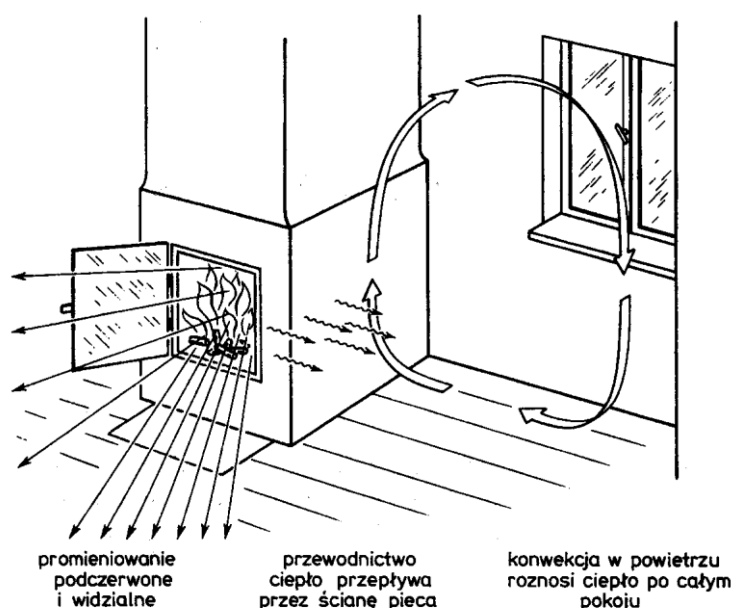


Konwekcja cieplna w płaszczu Ziemi

Zjawisko konwekcji

O konwekcji wspomina się na ogół przy omawianiu trzech sposobów przekazywania ciepła. Są to: przewodnictwo, promieniowanie i właśnie konwekcja (rys. 1). Z przewodnictwem ciepła mamy do czynienia np., gdy napaliwszy *wewnątrz* pieca stwierdzamy po pewnym czasie, że zrobił się gorący na *zewnątrz*, gdy po włożeniu jednego końca metalowej łyżeczki do gorącej herbaty obserwujemy, że po chwili drugi koniec również się nagrzewa. Ten sposób przenoszenia ciepła jest właściwy wszystkim ciałom, jednak najlepszym przewodnictwem odznaczają się metale.



Rysunek 5.1: Przenoszenie ciepła przez promieniowanie, przewodnictwo i konwekcję

Rys. 1 Przenoszenie ciepła przez promieniowanie, przewodnictwo i konwekcję.

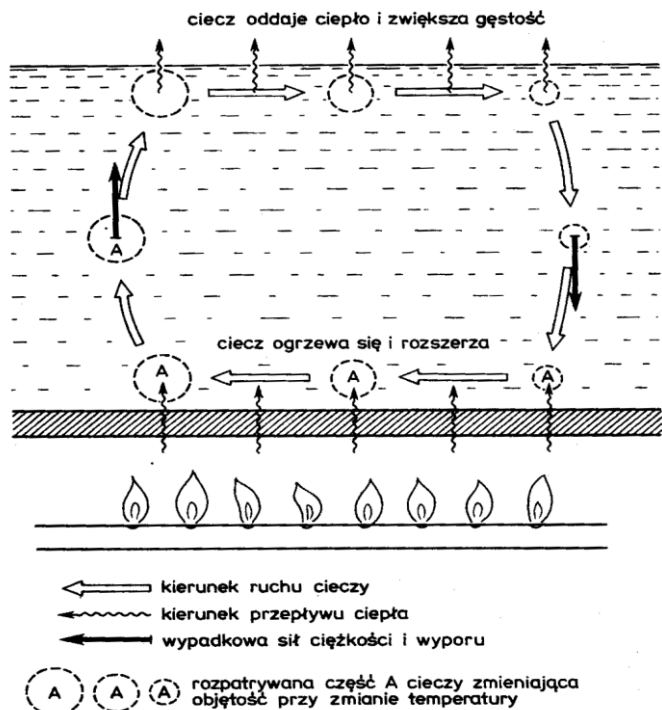
Przykładem przenoszenia ciepła przez promieniowanie jest ogrzewanie Ziemi przez Słońce. W tym przypadku energię przenosi elektromagnetyczne promieniowanie widzialne. Mniej gorące ciała promieniają w zakresie niewidzialnego promieniowania podczerwonego. Jeżeli ogrzejemy np. kamień do temperatury 100-150 °C to, mimo że jest on jeszcze zupełnie ciemny, bijące od niego ciepło łatwo wyczuwamy.

Bardziej skomplikowanym mechanizmem transportu ciepła jest konwekcja. Jest to makroskopowy ruch cieczy (lub gazu). Przykładem może być konwekcja w podgrzewanym garnku z wodą. Woda pobiera od dna ciepło i oddaje je powietrzu nad garnkiem. **Okazuje się, że ilość energii przenoszonej drogą konwekcji jest na ogół większa niż dzięki przewodnictwu i promieniowaniu.**

Procesy fizyczne podczas konwekcji

Rozważmy głębiej to zjawisko, posługując się przykładem cieczy w płaskim naczyniu podgrzewanym od dołu, a chłodzonym od góry (rys. 2). Niech ciecz zajmuje warstwę grubości $d=10$ cm. Jeżeli ogrzewalibyśmy naczynie *idealnie* równomiernie, to najniżej utworzyłaby się warstwa gorącej cieczy, nad nią warstwa ciepłej i najwyżej—chłodnej. Ale ogrzewana ciecz zwiększa swą objętość, a więc cieplejsza jest lżejsza od zimniejszej, dlatego taki warstwowy układ cieczy jest *niestabilny*. Oznacza to, że wystarczy choćby minimalne zaburzenie cieczy, aby powstał jakiś widoczny ruch.

Dlaczego tak się dzieje? Wydzielmy myślowo pewną objętość cieczy (zaznaczoną na rys. 2 linią przerywaną). Jeżeli wskutek zaburzenia przesunie się ona choćby minimalnie w górę, to będzie otoczony trochę chłodniejszą, a więc i trochę cięższą cieczą. Siła wyporu zgodnie z prawem Archimedesusa zacznie wypychać rozpatrywaną objętość cieczy w górę, gdzie różnice temperatury staną się większe, więc i siła wyporu większa—itd. Ostatecznie ciepła ciecz znajdzie się w pobliżu powierzchni, pociągając za sobą dalszy strumień ciepłej cieczy z dna. Jednocześnie na jej miejsce zacznie napływać z góry chłodna, cięższa ciecz. Na powierzchni ciepły płyn odda swoje ciepło i jako cięższy zacznie znowu opadać w dół, tymczasem w dole ciecz będzie nagrzana i zacznie unosić się do góry. Utworzy się w ten sposób obszar, gdzie ciecz porusza się po zamkniętym torze, tworząc tzw. *komórkę konwekcyjną*.

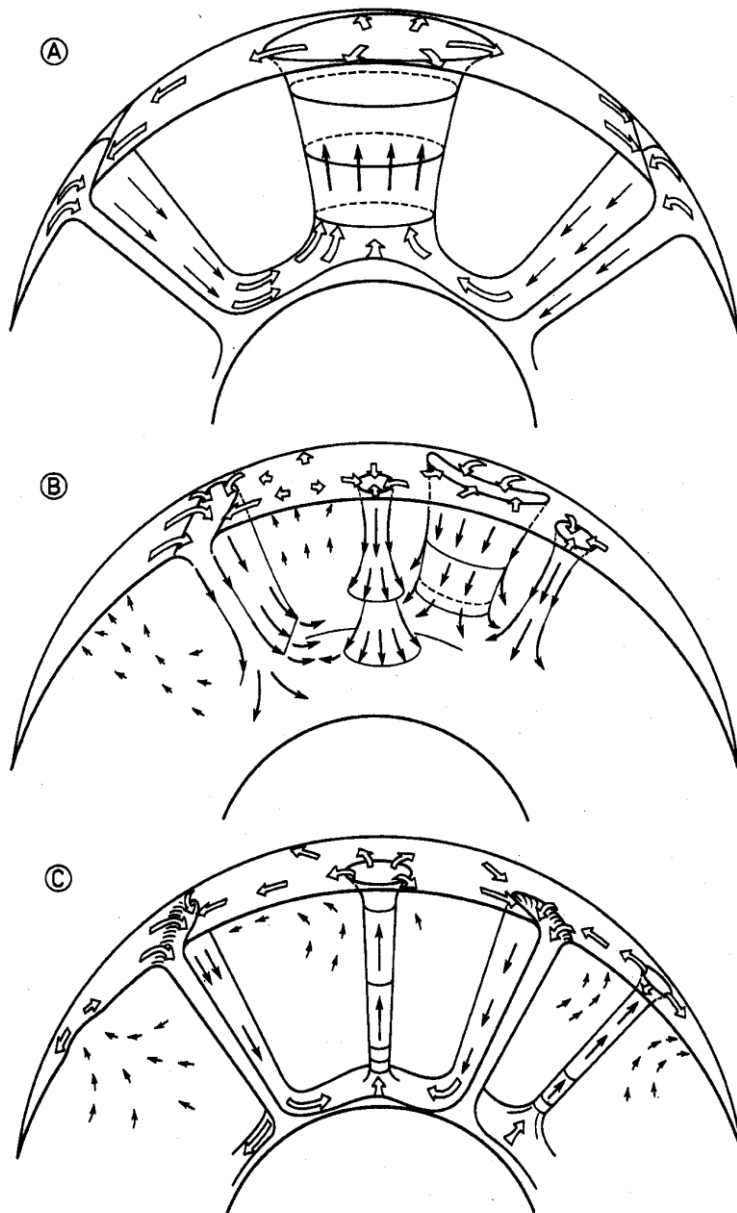


Rys. 2 Procesy zachodzące w cieczy podczas konwekcji

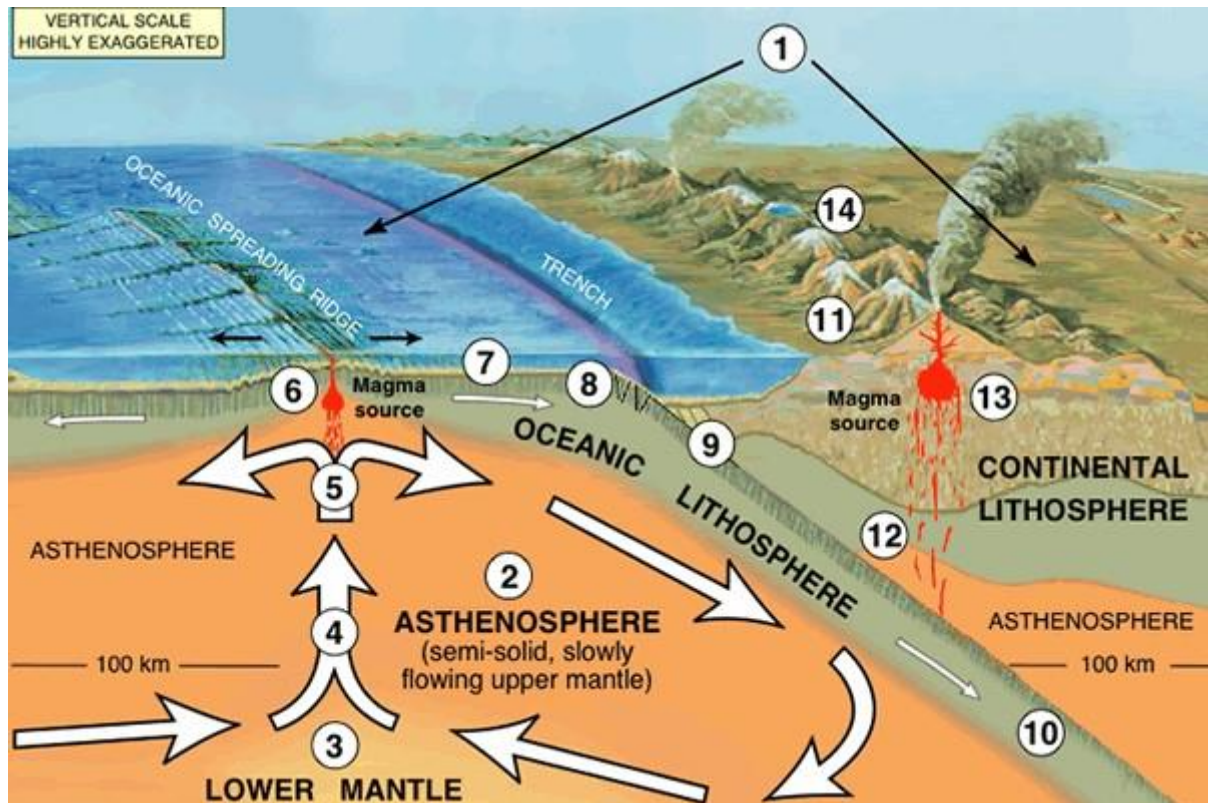
Jak widać, konwekcja jest wynikiem kilku zjawisk fizycznych. W pobliżu dna ciecz ogrzewa się wskutek przewodnictwa cieplnego. W miarę ogrzewania ciecz

rozszerza się (rozszerzalność cieplna), czyli maleje jej gęstość. Następnie siła wyporu wypycha gorącą ciecz w górę. Tutaj, znowu wskutek przewodnictwa cieplnego, ciecz oddaje ciepło i staje się chłodna, a więc jej gęstość rośnie. Ciężka, chłodna ciecz pogrąża się, poruszając w stronę dna, gdzie powtórnie będzie ogrzana itd.

Konwekcja w warstwie sferycznej



Rys. 3 Schemat konwekcji w warstwie sferycznej A—dla ogrzewania od spodu, B—przez źródła rozłożone w całej objętości cieczy, C—ogrzewanie obydwoma tymi rodzajami źródeł



Rys. 4. Schemat konwekcji i ruch płyty litosfery . Gorąca materia od spodu dopływa pod grzbiet oceaniczny, gdzie tworzy nową płytę litosfery. Płyta przesuwa się w stronę rowu oceanicznego, gdzie ulega subdukcji w płaszczu. (wg USGS). **Skály płaszczu nie są stopione, lecz ulegają powolnym deformacjom wskutek długo działających sił i zachowują się wtedy jak ciecz.**